



Kajian Kuat Lekat Pada Beton Variasi Limbah Granit Sebagai Substitusi Parsial Agregat Kasar

Fahmi Firman Maulana

Universitas Sebelas Maret Surakarta, Indonesia

Alamat : Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Sebelas Maret Surakarta

Jl. Ir. Sutami 36A, Surakarta 57126. Telp. 0271-634524, Indonesia

Korespondensi penulis: fahmiefem12@gmail.com*

Abstract. Infrastructure development contributes to increasing the competitiveness of domestic products, employment energy absorption, and regional growth. Therefore, a strong, rigid and stable construction is needed. The use of materials for construction needs to be considered, especially commonly used materials such as concrete. This research aims to analyze the effect of variations in granite content as a partial substitution for coarse aggregate on the bond strength of BRA (Concrete Recycled Aggregate) concrete. Experimental methods were used in this research. The concrete mix design uses a variety of granite waste with a content of 0%; 15%; 30%; and 45%. The test object used was a concrete cube with a side length of 20 cm. The bond strength of the concrete is tested using a Universal Testing Machine (UTM) and a dial gauge. Based on research, the maximum bond strength value is obtained at a granite content of 30%. The addition of granite waste causes an increase in the bond strength value. The bond strength value of concrete when slip occurs is 0.25 mm at 0% granite content; 15%; 30%; and 45% each valued at 14.61 MPa; 15.44 MPa; 18.62 MPa; and 17.15 MPa. Concrete bond strength value at maximum load at 0% granite content; 15%; 30%; and 45% each valued at 22.42 MPa; 22.59 MPa; 24.01 MPa; and 23.12 MPa.

Keywords: Recycled concrete aggregate, Granite waste, Bond strength.

Abstrak. Pembangunan infrastruktur berkontribusi terhadap peningkatan daya saing produk dalam negeri, penyerapan tenaga kerja, dan pertumbuhan daerah. Oleh karena itu, diperlukan suatu konstruksi yang kuat, kaku, dan stabil. Penggunaan material untuk konstruksi perlu diperhatikan, terutama material yang umum digunakan seperti beton. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh variasi kadar granit sebagai substitusi parsial agregat kasar terhadap kuat lekat pada beton BRA (Beton Recycle Agregate). Metode eksperimental digunakan dalam penelitian ini. Rancangan campuran beton menggunakan variasi limbah granit dengan kadar 0%; 15%; 30%; dan 45%. Benda uji yang digunakan adalah beton kubus dengan panjang sisi 20 cm. Kuat lekat beton diuji dengan Universal Testing Machine (UTM) dan dial gauge. Berdasarkan penelitian, nilai maksimum kuat lekat didapatkan pada kadar granit 30%. Penambahan limbah granit menyebabkan kenaikan nilai kuat lekat. Nilai kuat lekat beton saat terjadi slip 0,25 mm pada kadar granit 0%; 15%; 30%; dan 45% masing-masing bernilai 14,61 MPa; 15,44 MPa; 18,62 MPa; dan 17,15 MPa. Nilai kuat lekat beton saat beban maksimum pada kadar granit 0%; 15%; 30%; dan 45% masing-masing bernilai 22,42 MPa; 22,59 MPa; 24,01 MPa; dan 23,12 MPa.

Kata Kunci: Beton recycle agregat, Limbah granit, Kuat lekat.

1. LATAR BELAKANG

Berdasarkan SNI 2847-2019, beton merupakan campuran semen portland atau semen hidrolis lainnya, agregat halus, agregat kasar, dan air, dengan atau tanpa bahan campuran tambahan (*admixture*). Beton memiliki banyak keunggulan yaitu nilai kuat tekan tinggi, tahan jika terbakar, bahan material mudah didapat, mudah dibuat sesuai keinginan, dan biaya serta perawatan yang relatif lebih mudah dan murah. Di sisi lain, terdapat isu lingkungan berupa banyaknya bahan limbah yang tidak didaur ulang. Untuk pemanfaatan bahan limbah dan

mengurangi penggunaan agregat kasar, limbah granit digunakan untuk bahan substitusi parsial agregat kasar pada beton.

Struktur pada konstruksi bangunan umumnya menggunakan beton bertulang karena baja tulangan memiliki kekuatan terhadap gaya tarik, sedangkan beton memiliki kekuatan tinggi terhadap gaya tekan. Baja tulangan pada struktur beton bertulang dapat menahan momen pada bagian penampang yang mudah terjadi keretakan karena beton tidak mampu menahan kuat tarik yang berlebih. Baja tulangan akan meningkatkan daktilitas sehingga kemampuan beton untuk mendukung beban juga akan meningkat. Faktor penting yang harus diperhatikan pada struktur beton bertulang adalah kuat lekat antara beton dengan baja tulangan. Kuat lekat adalah kemampuan baja tulangan dan beton yang menyelimutinya dalam menahan gaya-gaya dari luar ataupun faktor lain yang dapat menyebabkan lepasnya lekatan antara baja tulangan dengan beton (Winter, 1993). Tingginya mutu beton akan berpengaruh pada nilai kuat lekat. Kajian kuat lekat ini diperlukan untuk mengetahui kebutuhan lapangan seperti diameter baja tulangan, jenis baja tulangan, dan mutu beton sehingga tercipta beton bertulang yang mampu menahan beban yang telah direncanakan.

Faktor yang memengaruhi besarnya kuat lekat pada beton salah satunya adalah mutu beton. Sedangkan sifat mekanik beton *recycle* agregat bergantung pada nilai w/c dan material yang digunakan. Beton *recycle* agregat merupakan sebuah inovasi jenis beton dengan kuat tekan rencana sebesar 20 Mpa . Penelitian ini dilakukan untuk mendapatkan nilai optimum kuat lekat pada beton *recycle* agregat dengan variasi kadar granit sebesar 0%; 15%; 30%; dan 45% terhadap berat agregat kasar. Penambahan kadar limbah granit diharapkan dapat menambah nilai kuat lekat beton.

2. METODE PENELITIAN

Metode penelitian eksperimental dilakukan dengan menambahkan beragam variasi presentase kadar granit ke dalam campuran beton *recycle* agregat. Penelitian dilaksanakan di Lab. Bahan Teknik Sipil Universitas Sebelas Maret. Penelitian ini dimulai dengan melakukan pemeriksaan material penyusun beton, pengujian beton segar, pembuatan benda uji, dan pengujian beton setting. Pengujian menggunakan Universal Testing Machine (UTM) dan dial gauge. Pengujian untuk beton yang telah mengeras dapat dilakukan saat umur beton 28 hari. Pengujian kuat lekat dilakukan pada benda uji berbentuk kubus dengan panjang sisi 20 cm. Benda uji dibuat sebanyak 3 (tiga) buah untuk setiap kadar. Variabel bebas yang digunakan adalah variasi kadar granit yaitu 0%; 15%; 30%; dan 45% terhadap berat agregat kasar. Kebutuhan benda uji dapat dilihat pada **Tabel 1**.

Tabel 1. Benda Uji Kuat Lekat

No.	Kadar Batu Granit	Kode Benda Uji	Umur (hari)	Jumlah Benda Uji
1	0%	BRA LG 0%	28	3
2	15%	BRA LG 15%	28	3
3	30%	BRA LG 30%	28	3
4	45%	BRA LG 45%	28	3
Jumlah Benda Uji				12

Mix Design

Mix design pada beton Recycle Agregat dengan penggunaan variasi kadar limbah granit sebagai substitusi parsial agregat kasar dibuat dengan menggunakan FAS 0,58. Hasil rekapitulasi *mix design* adukan beton dapat dilihat pada **Tabel 2**.

Tabel 2. Rekapitulasi Rancang Campur Beton Recycle Agregat

Kadar Granit Pada Benda Uji	Agregat Kasar		Semen (kg/m ³)	Air (lt/m ³)	Pasir (kg/m ³)
	Kerikil (kg/m ³)	Limbah Granit (kg/m ³)			
0%	960	0	352,23	205	827,77
15%	819,825	144,68	352,23	205	823,27
30%	678,30	290,70	352,23	205	818,77
45%	535,43	438,08	352,23	205	814,27

Pengujian Bahan Penyusun Beton

Standar yang digunakan dalam pengujian bahan dasar penyusun beton bubuk reaktif mengacu pada SNI 2847-2019. Pengujian agregat halus meliputi uji absorpsi, abrasi, specific gravity, berat jenis, kandungan lumpur, kandungan zat organik, dan modulus kehalusan.

Pengujian Kuat Tarik Baja Tulangan

Pengujian baja tulangan dilakukan untuk melihat nilai tegangan leleh dan tegangan maksimum sehingga diketahui mutu baja tersebut. Alat dan bahan yang digunakan adalah *Universal Testing Machine* (UTM) dan baja tulangan sirip (BjTS) diameter 10 mm dan panjang 75 cm.

Pengujian Kuat Tarik Baja Tulangan

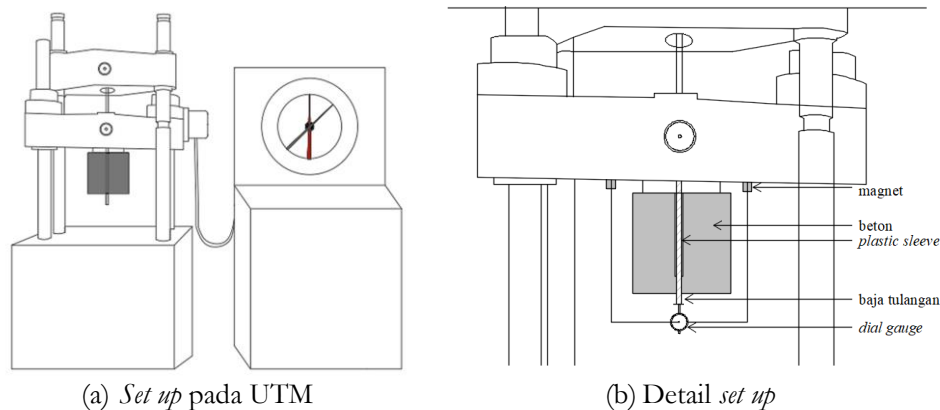
Pengujian baja tulangan dilakukan untuk melihat nilai tegangan leleh dan tegangan maksimum sehingga diketahui mutu baja tersebut. Alat dan bahan yang digunakan adalah *Universal Testing Machine* (UTM) dan baja tulangan sirip (BjTS) diameter 10 mm dan panjang 75 cm.

Pengujian Beton Segar

Beton segar berkaitan dengan *workability*. Salah satu cara mengetahui *workability* beton adalah dengan *slump test*. *Slump test* merupakan pengujian untuk mengukur kemampuan campuran beton dalam mengalir dan mengisi ruang dengan mengandalkan berat sendiri (ASTM C1611).

Pengujian Kuat Lekat

Pengujian dilakukan dengan metode tarik dengan *Universal Testing Machine* (UTM) untuk mengetahui nilai beban/load dan *dial gauge* untuk mengetahui besar slip/*displacement*. Pembacaan beban dimulai saat beban menunjukkan angka 0 kgf, dibaca terus menerus dengan interval 100 kgf sampai menunjukkan beban maksimum yaitu ketika beton tersebut pecah atau tercabutnya baja tulangan. Selain itu perlu dilakukan pembacaan UTM saat slip menunjukkan angka 0,25 mm. Slip 0,25 mm adalah nilai tegangan lekat kritis antara beton dengan baja tulangan (ASTM C-234-91a). *Set up pull out test* dapat dilihat pada **Gambar 1**.



Gambar 1. *Set up* pengujian

Hasil yang didapat pada pengujian diolah untuk perhitungan kuat lekat pada saat terjadi slip 0,25 mm dan saat terjadi beban maksimum menggunakan rumus RILEM (1983) pada Persamaan 1.

$$\mu = \frac{P}{\pi \phi L_d} \dots\dots\dots [1]$$

Keterangan:

- μ = kuat lekat (MPa)
- P = beban (kN)
- ϕ = diameter tulangan (mm)
- L_d = panjang penjangkaran (mm)

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Pengujian Bahan Penyusun Beton

Hasil pengujian agregat halus dapat dilihat pada **Tabel 3** dan **Tabel 4**.

Tabel 3. Hasil pengujian agregat halus

No.	Jenis Pengujian	Hasil Pengujian	Standard	Keterangan
1.	Ukuran saringan (mm)	9,5	100 ASTM C 33	Memenuhi Syarat
		4,75	96,13 ASTM C 33	Memenuhi Syarat
		2,36	90,47 ASTM C 33	Memenuhi Syarat
		1,18	78,93 ASTM C 33	Memenuhi Syarat
		0,6	48,03 ASTM C 33	Memenuhi Syarat
		0,3	27,86 ASTM C 33	Memenuhi Syarat
		0,15	5,88 ASTM C 33	Memenuhi Syarat
2.	Modulus kehalusan	2,67	1,5 < MH < 3,8 SII-0052-80	Memenuhi Syarat
3.	<i>Absorbision</i>	4,38%	-	Memenuhi Syarat
4.	<i>Apparent Specific Gravity</i>	2,68	-	Memenuhi Syarat
5.	<i>Bulk Specific Gravity</i>	2,40	-	Memenuhi Syarat
6.	<i>Bulk Specific Gravity SSD</i>	2,50	2,5 – 2,7 ASTM C.128 – 79	Memenuhi Syarat
7.	Kandungan Lumpur	3,7%	< 5 % ASTM C.117	Memenuhi Syarat
8.	Kandungan ZatOrganik	Kuning Tua	Kuning Kemerahan ASTMC.40	Memenuhi Syarat

Tabel 4. Hasil pengujian agregat kasar

No.	Jenis Pengujian	Hasil Pengujian	Standard	Keterangan
1.	Ukuran saringan (mm)	25	100 ASTM C 33	Memenuhi Syarat
		19	92,67 ASTM C 33	Memenuhi Syarat
		12,5	21,55 ASTM C 33	Memenuhi Syarat
		9,5	6,2 ASTM C 33	Memenuhi Syarat
		4,75	2,12 ASTM C 33	Memenuhi Syarat
2.	Modulus kehalusan	6,50	6,5 – 7,1 ASTM C 33	Memenuhi Syarat
3.	<i>Absorbision</i>	2,27%	Maks. 3% ASTM C 128	Memenuhi Syarat
4.	<i>Specific Gravity SSD</i>	6,30	min. 2,6 ASTM C 127	Memenuhi Syarat
5.	Abrasi	25%	Maks. 40% ASTM C 131	Memenuhi Syarat

Hasil Pengujian Kuat Tarik Baja Tulangan

Data hasil pengujian kuat tarik pada baja tulangan tertera pada **Tabel 5** sebagai berikut.

Tabel 5. Hasil uji kuat tarik baja tulangan

Benda Uji	Diameter (mm)	Luas Penampang (mm ²)	P Leleh (kN)	P Maks (kN)	Tegangan Leleh (MPa)	Tegangan Leleh Rata-rata (MPa)
A	10,01	78,67	29,126	44,62	370,21	359,65
B	10,08	79,74	28,930	42,36	362,80	
C	10,06	79,42	28,243	41,68	355,60	
D	10,04	79,12	28,145	40,70	355,72	
E	10,07	79,53	28,145	39,72	353,90	

Hasil pengujian kuat tarik pada baja tulangan menunjukkan bahwa mutu baja ulir/sirip yang digunakan pada benda uji kuat lekat dengan diameter 10 mm dan tegangan leleh rata-rata 359,65 MPa termasuk ke dalam kategori BJTTS 280 (SNI 2052-2017).

Hasil Pengujian Beton Segar

Pengujian *Slump Test* digunakan untuk mengetahui nilai konsistensi atau kekakuan campuran beton segar. Hasil pengujian *slump* meliputi besarnya diameter sebaran yang dicapai beton segar dan waktu yang diperlukan untuk mencapai diameter sebaran maksimum. Nilai *slump flow test* dapat dilihat pada **Tabel 6**.

Tabel 6. Nilai slump flow test

No.	Kadar Granit	Nilai Slump Test (cm)
1	0%	7
2	15%	8,5
3	30%	6,5
4	45%	7

Berdasarkan pengujian *slump test* menunjukkan bahwa nilai *slump* yang didapat memiliki nilai paling tinggi pada beton variasi limbah granit 15% dan nilai paling rendah pada variasi limbah granit 30% serta didapat kesamaan nilai *slump* pada variasi limbah granit 0% dan 45%.

Hasil Pengujian Kuat Lekat

Hasil perhitungan kuat lekat pada saat terjadi slip 0,25 mm dapat dilihat pada **Tabel 7**.

Tabel 7 Hasil perhitungan kuat lekat saat terjadi slip 0,25 mm

Kadar Granit	Kode Benda Uji	P saat Slip 0,25 mm (kN)	Kuat Lekat (MPa)	Rata-rata Kuat Lekat (MPa)
0%	A	22,0	14,01	14,61
	B	23,5	14,97	
	C	23,3	14,84	

Kadar Granit	Kode Benda Uji	P saat Slip 0,25 mm (kN)	Kuat Lekat (MPa)	Rata-rata Kuat Lekat (MPa)
15%	A	23,0	14,65	15,44
	B	25,5	16,24	
	C	24,2	15,41	
30%	A	31,5	20,06	18,62
	B	29,2	18,60	
	C	27,0	17,20	
45%	A	27,3	17,39	17,15
	B	26,5	16,88	
	C	27,0	17,20	

Tabel 7 menunjukkan bahwa penambahan jumlah substitusi kadar limbah granit terhadap agregat kasar dapat menaikkan nilai kuat lekat beton. Nilai kuat lekat maksimum tercapai pada variasi kadar limbah granit 30% yaitu sebesar 18,62 MPa. Selanjutnya pada variasi kadar limbah granit 45% terjadi penurunan namun masih diatas variasi limbah granit 0% dan 15% dengan nilai kuat lekat masing-masing sebesar 14,61 Mpa dan 15,44 MPa.

Selanjutnya dari hasil pengujian terdapat data beban maksimum yang dilihat saat beton sudah mengalami pecah atau tercabut baja tulangnya. Hasil perhitungan kuat lekat saat terjadi beban maksimum dapat dilihat pada **Tabel 8**.

Tabel 8. Hasil perhitungan kuat lekat saat beban maksimum

Kadar Granit	Kode Benda Uji	P maks (kN)	Kuat Lekat (MPa)	Rata-rata Kuat Lekat (MPa)
0%	A	35,4	22,55	22,42
	B	35,2	22,42	
	C	35,0	22,29	
15%	A	36,8	23,44	22,59
	B	35,2	22,42	
	C	34,4	21,91	
30%	A	38,3	24,39	24,01
	B	37,6	23,95	
	C	37,2	23,69	
45%	A	36,3	23,12	23,12
	B	36,4	23,18	
	C	36,2	23,06	

Tabel 8 menunjukkan bahwa substitusi limbah granit terhadap komposisi agregat kasar dapat menaikkan nilai kuat lekat beton. Nilai kuat lekat maksimum tercapai pada variasi kadar limbah granit 30% yaitu sebesar 24,01 MPa. Selanjutnya pada variasi kadar limbah granit 0%; 15%; dan 45% didapatkan nilai kuat lekat masing-masing sebesar 22,42 MPa; 22,59 Mpa; dan 23,12 Mpa

Berdasarkan hasil pengujian beton *recycle* agregat pada Tabel 7 dan 8 menunjukkan bahwa kuat lekat beton variasi limbah granit 0%; 15%; 30% terus mengalami kenaikan seiring

dengan penambahan substitusi limbah granit, namun terjadi penurunan pada variasi limbah granit 45 %.

4. KESIMPULAN

Kesimpulan dari penelitian dengan komposisi limbah granit 0%; 15%; 30% dan 45% adalah sebagai berikut:

1. Penggunaan limbah granit pada beton *recycle* agregat berpengaruh terhadap nilai kuat lekat. Semakin banyak penggunaan granit maka semakin naik nilai kuat lekat. Nilai kuat lekat beton saat slip 0,25 mm pada granit 0%; 15%; 30% dan 45% masing-masing bernilai 14,61 MPa; 15,44 MPa; 18,62 MPa; dan 17,15 Mpa. Nilai kuat lekat beton saat beban maksimum pada kadar granit 0%; 15%; 30% dan 45% masing-masing bernilai 22,42 MPa; 22,59 MPa; 24,01 MPa; dan 23,12 MPa.
2. Penggunaan limbah granit masih dapat diaplikasikan pada beton *recycle* agregat sampai kadar limbah granit 45% karena hasil perhitungan kuat lekat yang tidak jauh berbeda dengan kadar limbah granit 30%. Biaya yang digunakan untuk membuat beton dapat ekonomis karena menggunakan agregat daur ulang berupa limbah granit.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih ditujukan untuk Bapak dan Ibu pembimbing tim skripsi, laboran Laboratorium Bahan Konstruksi FT Universitas Sebelas Maret, *Batching Plant* PT. SCG Readymix Indonesia (Jayamix) Plant Solo atas bantuan yang sudah diberikan untuk penelitian ini.

6. DAFTAR REFERENSI

- American Concrete Institute. (1987). ACI Committee 363 high strength concrete. American Concrete Institute.
- American Society for Testing and Materials. (2006). ASTM C33 standard specification for concrete aggregates. American Society for Testing and Materials.
- American Society for Testing and Materials. (2010). ASTM C131 standard test method for resistance to degradation of small-size coarse aggregate by abrasion and impact in the Los Angeles machine. American Society for Testing and Materials.
- American Society for Testing and Materials. (2011). ASTM C40 standard test method for organic impurities in fine aggregates for concrete. American Society for Testing and Materials.

- American Society for Testing and Materials. (2012). ASTM C127 standard test method for density, relative density (specific gravity), and absorption of coarse aggregate. American Society for Testing and Materials.
- American Society for Testing and Materials. (2015). ASTM C117-04 standard test method for materials finer than 75- μm (No. 200) sieve in mineral aggregates by washing. American Society for Testing and Materials.
- American Society for Testing and Materials. (2017). ASTM C128 standard test method for density, relative density (specific gravity), and absorption of fine aggregate. American Society for Testing and Materials.
- Badan Standarisasi Nasional. (2019). SNI 2847-2019 tentang persyaratan beton struktural untuk bangunan gedung dan penjelasan. Badan Standarisasi Nasional.
- Nur, S. (2024). Kajian kuat lekat dan kapasitas penjangkaran tulangan pada beton bubuk reaktif dengan silica fume 15%, pasir kuarsa 30%, dan variasi kadar fly ash sebagai substitusi parsial semen (Skripsi S1 Teknik Sipil). Universitas Sebelas Maret, Surakarta.
- Sunarmasto. (2007). Tegangan lekat baja tulangan (polos dan ulir) pada beton. *Gema Teknik*, 10(2), 76–82.
- The International Union of Laboratories and Experts in Construction Materials, System, and Structure. (1983). RILEMCEB RC6 (1983) recommendations for the testing and use of construction materials. RILEM.